

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 09321359
PUBLICATION DATE : 12-12-97

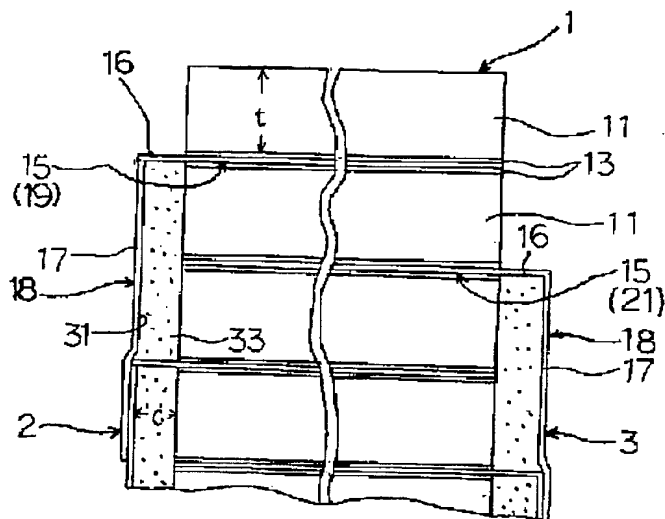
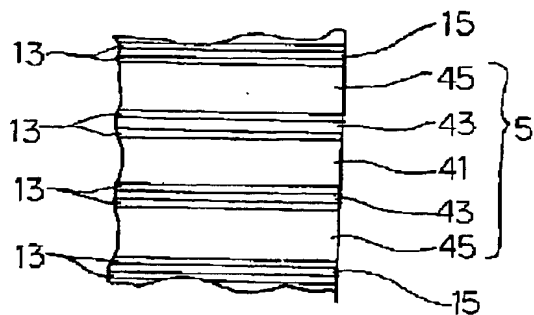
APPLICATION DATE : 31-05-96
APPLICATION NUMBER : 08138431

APPLICANT : KYOCERA CORP;

INVENTOR : SETOGUCHI TAKESHI;

INT.CL. : H01L 41/083 H01L 41/08 H02N 2/00 //
G01B 21/30

TITLE : LAMINATED PIEZOELECTRIC
ACTUATOR



ABSTRACT : **PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a laminated piezoelectric actuator which accurately detects the temperature, pressure, etc., inside an element, including self-heat generated during the drive.

SOLUTION: A laminated piezoelectric actuator is provided with a plurality of laminated piezoelectric magnetic plates 11 and an inner electrode 15 provided between the piezoelectric magnetic plates 11. A sensor 5 which sandwiches a ceramic board 41 by extraction electrodes 43 is provided between the piezoelectric magnetic boards 11. The sensor 5 is provided at the center in the laminating direction of the piezoelectric magnetic boards 11, and the ceramic board 41 of the sensor 5 is formed of the same composition as that of the piezoelectric magnetic board 11.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-321359

(43) 公開日 平成9年(1997)12月12日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 41/083			H 0 1 L 41/08	S
41/08			H 0 2 N 2/00	B
H 0 2 N 2/00			G 0 1 B 21/30	Z
// G 0 1 B 21/30			H 0 1 L 41/08	Z

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平8-138431

(22) 出願日 平成8年(1996)5月31日

(71) 出願人 000006633

京セラ株式会社

京都府京都市山科区東野北井ノ上町5番地の22

(72) 発明者 東別府 誠

鹿児島県国分市山下町1番4号 京セラ株式会社総合研究所内

(72) 発明者 芦田 幸喜

鹿児島県国分市山下町1番4号 京セラ株式会社総合研究所内

(72) 発明者 福岡 修一

鹿児島県国分市山下町1番4号 京セラ株式会社総合研究所内

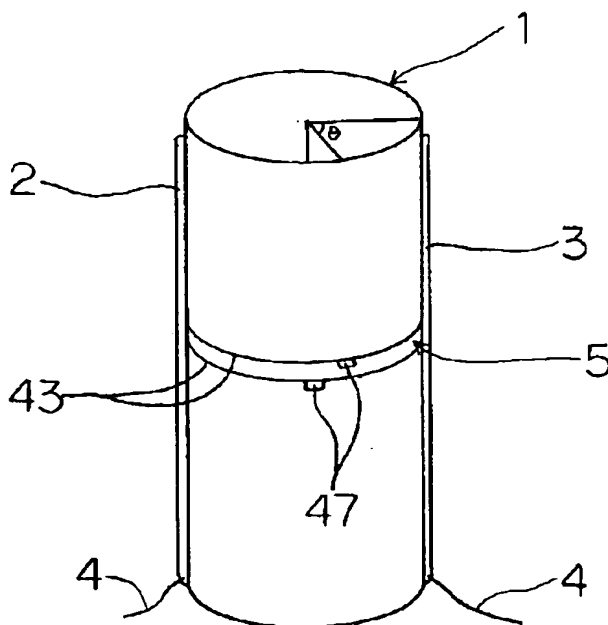
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 積層型圧電アクチュエータ

(57) 【要約】

【課題】駆動時において発生する自己発熱を含めた素子内部の温度や圧力等を正確に検知できる積層型圧電アクチュエータを提供する。

【解決手段】積層された複数の圧電磁器板11と、これらの圧電磁器板11の間に介装された内部電極15とを具備してなる積層型圧電アクチュエータであって、圧電磁器板11間に、セラミック板41を取出電極43により挟持したセンサ5を設けてなる。センサは圧電磁器板の積層方向における中央部に設けられ、センサのセラミック板が圧電磁器板と同一の組成物により形成されている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】積層された複数の圧電磁器板と、これらの圧電磁器板の間に介装された内部電極とを具備してなる積層型圧電アクチュエータであって、前記圧電磁器板間に、セラミック板を取出電極により挟持したセンサを設けてなることを特徴とする積層型圧電アクチュエータ。

【請求項2】センサは圧電磁器板の積層方向における中央部に設けられる請求項1記載の積層型圧電アクチュエータ。

【請求項3】センサのセラミック板が圧電磁器板と同一の組成物により形成されている請求項1記載の積層型圧電アクチュエータ。

【請求項4】センサが温度センサおよび／または圧力センサである請求項1記載の積層型圧電アクチュエータ。

【請求項5】内部電極に圧電磁器板から突出する接続部が形成され、かつ、センサの取出電極にセラミック板から突出する突起部が形成されており、この突起部が前記内部電極の接続部と異なる位置に設けられる請求項1記載の積層型圧電アクチュエータ。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、積層型圧電アクチュエータに係わり、例えば、X-Yステージ等の精密位置決め装置や高速位置制御等に用いられる積層型圧電アクチュエータに関するものである。

【0002】

【従来技術】従来から、圧電磁器板を複数枚積層して、積層型のアクチュエータを作製する方法が多数開示されている。

【0003】一般に、積層型圧電アクチュエータは、基本的に使用する圧電素子とその圧電特性に温度依存性、圧力依存性を有していることにより、駆動する際の運転環境或いは、素子自身の状態を正確に把握し、状況によっては、補正回路を付加した状態で使用する必要がある。特に、積層型圧電アクチュエータにおいて、変位量の温度依存性と圧力依存性は大きい。

【0004】即ち、従来、積層型圧電アクチュエータを高電圧で高速駆動する際に素子自身の自己発熱が発生し、素子の圧電特性の温度依存性によって、電圧-変位特性が変動し、所望の変位量が得られないという問題があった。従って、素子自身の温度を正しく計測し、これをフィードバックする必要があった。

【0005】このため、従来、熱電対などの温度測定用センサを外付けすることにより測定を行っていた。

【0006】また、圧力の測定に関しては、圧電式、或いはダイヤフラム方式などの圧力センサを積層型圧電アクチュエータの近傍に接続したり、その側面に貼付したりすることによって、作動中の積層型圧電アクチュエータの圧力変化の測定を行っていた。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、高電圧かつ高速で電圧印加を繰り返すと圧電素子自身が発熱するため、アクチュエータが配置されている雰囲気以上に、積層型圧電アクチュエータの内部温度、内部圧力は上昇し、従来の上記方法によってはアクチュエータの外周温度や圧力しか測定できず、内部温度や内部圧力は測定できないという問題があった。このため、変位量を厳密に制御することができないという問題があった。

【0008】本発明は、積層型圧電アクチュエータの内部温度や圧力等を正確に検知できる積層型圧電アクチュエータを提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の積層型圧電アクチュエータは、積層された複数の圧電磁器板と、これらの圧電磁器板の間に介装され交互に電気的に接続された内部電極とを具備してなる積層型圧電アクチュエータであって、前記圧電磁器板間に、セラミック板を取出電極により挟持したセンサを設けてなるものである。

【0010】ここで、センサは圧電磁器板の積層方向における中央部に設けられることが望ましい。また、センサのセラミック板が圧電磁器板と同一の組成物により形成されることが望ましい。さらに、センサが、温度センサおよび／または圧力センサであることが望ましい。さらにまた、センサの取出電極には突起部が形成されており、この突起部が内部電極の接続部分と異なる位置でセラミック板から突出していることが望ましい。

【0011】

【作用】本発明の積層型圧電アクチュエータでは、圧電磁器板間に、セラミック板を取出電極により挟持した、例えば、温度センサや圧力センサを設けたので、高電圧かつ高速で電圧印加を繰り返し、圧電素子自身が発熱したとしても、積層型圧電アクチュエータの内部温度、内部圧力を正確に測定することができ、その状態に対応する印加電圧等の制御因子にフィードバックでき、変位量を厳密に制御することができる。

【0012】また、センサを積層型圧電アクチュエータの圧電磁器板の積層方向における中央部に設けることにより、積層型圧電アクチュエータの駆動時においてセンサに作用する応力を抑制することができ、正確な温度や圧力等を検知できる。

【0013】さらに、センサのセラミック板を圧電磁器板と同一の組成物により形成することにより、製造が容易になる。

【0014】また、センサの取出電極の突起部は、内部電極の接続部と異なる位置で、セラミック板から突出しているため、内部電極と電気的に短絡することがない。

【0015】

【発明の実施の形態】図1および図2は本発明の積層型圧電アクチュエータを示すもので、円柱状の積層圧電体1の外周面には、正極側外部電極2および負極側外部電

極3が形成されており、積層圧電体1の中央部には、センサ5が内蔵されている。外部電極2、3にはリード線4が接続されている。

【0016】積層圧電体1は、図3に示すように、円板状の圧電磁器板11を複数積層して構成されている。これらの圧電磁器板11は $Pb(ZrTi)O_3$ （以下PZTと略す）を主成分とする焼結体である。

【0017】圧電磁器板を構成する圧電材料は、例えば、チタン酸ジルコン酸鉛を主成分とする圧電セラミックス材料などが使用されるが、これに限定されるものではなく、圧電性を有するセラミックスであれば何れでも良い。この圧電磁器板を構成する圧電材料としては、圧電歪み定数 d_{33} が高いものが望ましい。

【0018】特に、金属成分としてPb、Zr、Ti、Zn、Sb、Ni、Teと、SrおよびBaのうち少なくとも一種を含む複合ペロブスカイト型化合物であって、これらの金属元素のモル比による組成式を、 $Pb_{1-x-y}Sr_xBa_y(Zn_{1/3}Sb_{2/3})_a(Ni_{1/2}Te_{1/2})_bZr_cTi_{1-a-b-c}O_3$ と表わした時、 x, y, a, b, c のモル比が、 $0 \leq x \leq 0.12$ 、 $0 \leq y \leq 0.12$ 、 $0 < x+y$ 、 $0.05 \leq a \leq 0.12$ 、 $0 \leq b \leq 0.015$ 、 $0.43 \leq c \leq 0.52$ を満足する基本成分100重量部に対して、等モル比からなる PbO および Nb_2O_5 を含量で0.2~1.2重量部添加含有してなる圧電磁器組成物が望ましい。

【0019】この圧電磁器板の厚み t は、小型化および高い電圧を印加するという点から、0.2~0.6mmであることが望ましい。

【0020】そして、複数の圧電磁器板11が積層されており、その間には導電性接着層13が形成され、導電性接着層13間には内部電極となる金属薄板15が介装されている。これらの金属薄板15には、図4に示すように、接続用突起部16および接続部材17が一体的に形成されており、これらの接続用突起部16および接続部材17からなる接続部18は、図3に示したように、圧電磁器板11の径方向に突出している。また、接続部18は交互に180度反対を向くように、金属薄板15が圧電磁器板11の間に介装されており、これらの金属薄板15は、その接続部18の位置により正電極用金属薄板19、負電極用金属薄板21とされている。そして、正電極用金属薄板19の接続用突起部16が接続部材17により相互に電気的に接続され、また負電極用金属薄板21の接続用突起部16が接続部材17により相互に電気的に接続されている。この図3では、接続用突起部16と接続部材17が一体的に形成されている。

【0021】使用する金属薄板15は導電性を有するもので、例えば、銀、真鍮、銅、ステンレス等の金属が好ましい。金属薄板15の厚さは変位量に寄与しないためにできるだけ薄いもの、例えば、20~50 μm のものが好ましい。また、金属薄板15としては、他の金属薄

板15との短絡や放電を防止するため、積層圧電体1の外周面に露出しないように圧電磁器板11よりも小さいことが望ましい。

【0022】金属薄板15の接続部18は、図4に示したように、縦1~3mm、横1mm以上が望ましい。

【0023】接続部材17と積層圧電体1の外周部との距離 c は、短絡や放電を防止するという点から0.2~0.6mmが望ましい。

【0024】導電性接着層13は、導電性接着層用ペーストを圧電磁器板11に塗布し乾燥することにより形成されるが、この導電性接着層用ペーストは、Ag等の金属粉末とガラス成分を含有し、400~600℃程度で熔融するものが望ましい。これは、積層時に加圧加熱すると導電性接着層用ペーストに含有されるガラス成分が熔融し、圧電磁器板11同士を強固に接合し、高電界の繰り返し印加によって発生する界面での剥離等を防止することができ、積層型圧電体の信頼性を向上できるからである。導電性接着層用ペーストは、特に、Ag粉末を40~60重量%と、 $PbO-SiO_2-B_2O_3$ からなるガラス成分40~60重量%とからなることが望ましい。

【0025】そして、接続部材17と圧電磁器板11の外周部との間の空隙31は、隙間がないように耐水性樹脂33で充填されている。使用される耐水性樹脂33は、絶縁性が高く、常温から200℃までの温度で硬化できる有機樹脂であればどのようなものでも良いが、絶縁性が高く、充填し易いという点からシリコン系樹脂、あるいはエポキシ系樹脂であることが望ましい。

【0026】空隙31を耐水性樹脂33で充填するには、粘度等の条件を調整し、空隙31内に耐水性樹脂33が流れこんでいくようにすることが必要である。このような耐水性樹脂33を刷毛等で塗布したり、ペースト中に浸漬することにより充填できる。

【0027】また、本発明では、積層圧電体1の外周面が耐水性樹脂層で被覆されていることが望ましい。これは、積層圧電体1における沿面放電を防止できるからである。しかしながら、湿度等が高い場所で使用する場合には、この部分で一旦放電すると被覆した樹脂が炭化して導通し、圧電磁器板11が破損し、圧電アクチュエータが使用不可能となる虞がある。このため積層圧電体1の外周面を耐電圧性材料の耐電圧層で被覆した後、耐水性樹脂層により被覆することが望ましい。この耐電圧層により、放電が生じた場合でも圧電磁器板11の破損を防止できる。

【0028】耐水性樹脂としては、上記空隙充填用の樹脂と同様のものが使用でき、このような耐水性樹脂層は、空隙31の充填と同時に行うことができる。耐水性樹脂層は、耐水性樹脂を刷毛等で塗布したり、ペースト中に浸漬して形成できる。耐水性樹脂層の厚みは、耐水性向上という点で50 μm 以上が望ましい。

【0029】また、耐電圧材料としては、例えば、加熱接合温度(400~600℃)で熔融する $PbO-SiO_2-B_2O_3$ ガラスが望ましい。このような耐電圧材料により予め圧電磁器板11の外周面に耐電圧層を形成し、このような圧電磁器板11を積層し、加圧しながら加熱して圧電磁器板11同士を接合すると同時に、圧電磁器板11の外周面の耐電圧層が熔融し、積層圧電体1全面を耐電圧材料で被覆することができる。

【0030】そして、積層圧電体1の中央部に内蔵されたセンサ5は、図2に示すように、圧電磁器板11と同一の組成物、同一形状のセラミック板41と、前記金属薄板15と同一形状で同一材料からなり前記セラミック板41を挟持する一対の取出電極43と、セラミック板41と前記取出電極43を挟持するように配置され圧電磁器板11と同一の組成物からなる一対のダミー層45とにより構成されている。

【0031】また、図1に示したように、取出電極43に形成された突起部47は、正極側外部電極2および負極側外部電極3と異なる位置で、セラミック板41から突出しており、これらの突起部47にリード線が接続される。突起部47は同じ位置ではなく、図1に示したように少々ずれた位置に形成することが、リード線との接続が容易という観点から望ましい。

【0032】ダミー層45は、センサ5と上下の圧電磁器板11とを隔離するために設けられており、センサ5が圧電磁器板11の変位の影響を受けないように設けられている。これらのダミー層45の厚みは自由に設定することができる。ダミー層45とセラミック板41との間には、上記した導電性接着層用ペーストと同様のペーストにより取出電極43が接着固定され、電気的に絶縁されている。また、ダミー層45と圧電磁器板11との間にも、上記した導電性接着層用ペーストと同様のペーストにより金属薄板15が接着固定されている。

【0033】このような積層型圧電アクチュエータは、圧電磁器板11の両面にそれぞれ導電性ペーストを塗布し、この導電性接着層用ペーストを乾燥した後、複数の圧電磁器板11の間、即ち、上記導電性接着層用ペースト間に接続用突起部16を有する金属薄板15を介装して積層した上側積層体および下側積層体を作成する。

【0034】そして、下側積層体の表面にダミー層45、取出電極43、セラミック板41、取出電極43、ダミー層45を導電性接着層用ペーストを介して積層し、この上に上側積層体を配置する。この後加熱しながら加圧し、上側積層体、センサ5および下側積層体を接合することにより形成される。

【0035】そして、圧電磁器板11を挟持している正電極用金属薄板19および負電極用金属薄板21の接続部18をそれぞれ接続する。即ち、正電極用金属薄板19の接続用突起部16同士を接続部材17により電氣的に接続し、負電極用金属薄板21の接続用突起部16同

士を接続部材17により電氣的に接続し、接続部材17と圧電磁器板11の外周部との間の空隙31を樹脂で充填することにより製造される。接続部材17同士はハンダや溶接により接合される。

【0036】尚、本発明の積層型圧電アクチュエータは四角柱等のような形状であっても良い。

【0037】図3に示しような積層型圧電アクチュエータでは、接続部18の接続部材17と圧電磁器板11の外周部との間の空隙31には、隙間がないように耐水性樹脂33が充填されているので、正極側の接続用突起部16と他の負極側の金属薄板15との絶縁性を確保して、沿面放電を抑制でき、これにより、高い電圧を圧電磁器板11に印加し、大きい変位量を確保することができる。

【0038】また、圧電磁器板11が複数積層された積層圧電体1の外周面に耐水性樹脂を被覆することにより、放電をさらに防止でき、また、耐水性樹脂による被覆とともに耐水性樹脂33による接続部材17と積層圧電板1の外周部との間の空隙31の充填を同時に行うことができるので製造も容易である。

【0039】さらに、積層圧電体1を耐電圧材料で被覆した後、耐水性樹脂で被覆することにより、この耐水性樹脂により積層圧電体1の沿面放電を抑制でき、また、放電した場合でも耐電圧材料の被覆層により圧電磁器板の破損を防止できる。

【0040】尚、センサは、積層型圧電アクチュエータの圧電磁器板の積層方向のどこに設けてもよいが、中央部がセンサに作用する応力を抑制することができるため最も望ましい。また、センサのセラミック板は圧電磁器板と同一の組成物とする必要はないが、製造容易という観点から同一組成で形成することが望ましい。さらに、センサの取出電極は同一位置に形成しても良い。また、ダミー層は必ずしも設ける必要はない。

【0041】さらに、内部電極の接続については、正電極用金属薄板19および負電極用金属薄板21の接続用突起部16を接続部材17により接続した例について説明したが、これに限定されるものではない。

【0042】

【実施例】 $Pb_{1-x-y}Sr_xBa_y(Zn_{1/3}Sb_{2/3})_a(Ni_{1/2}Te_{1/2})_bZr_cTi_{1-a-b-c}O_3$ と表わした時、 $x=0.04$ 、 $y=0.02$ 、 $a=0.075$ 、 $b=0.005$ 、 $c=0.47$ を満足する基本成分100重量部に対して、等モル比からなる PbO および Nb_2O_5 を含量で0.5重量部添加含有した焼結体の両面を研磨して、直径20mm、厚み0.5mmの円板状の圧電磁器板11を形成した。

【0043】この圧電磁器板11の両主面に、Ag粉末55重量%、 $PbO-SiO_2-B_2O_3$ ガラス45重量%の電気伝導性ペーストを10μmの厚みになるように印刷した後、100℃にて乾燥した。厚さ25μmの

Ag製薄板を、図4に示したような2mm×2mmの突起部を有する直径20mmの円形に打ち抜き、内部電極となる金属薄板15とし、この金属薄板15を圧電磁器板11の間に挟み込み、圧電磁器板11を50層積層した下側積層圧電体を作製した。

【0044】この後、下側積層圧電体の上面にセンサ5を設けた。即ち、下側積層圧電体の圧電磁器11の上面に、上記と同様の電気伝導性ペーストを10 μ mの厚みになるように印刷した後、100℃にて乾燥し、この上面に、上記と同様の金属薄板15を配置し、さらに、上記と同様の電気伝導性ペーストを同様の厚みで印刷し、100℃で乾燥した後、圧電磁器板11と同様の組成からなるダミー層45を配置した。このダミー層45の上部に、上記と同様の電気伝導性ペーストを同様の厚みで印刷し、100℃で乾燥した後、上記と同様の金属薄板15を配置して取出電極43とし、この取出電極43の上面に、上記と同様の電気伝導性ペーストを同様の厚みで印刷し、100℃で乾燥した後、圧電磁器板11と同様の組成からなるセラミック板41を配置した。この後、上記と同様に電気伝導性ペーストの塗布、取出電極43の配置、電気伝導性ペーストの塗布、ダミー層45の配置、電気伝導性ペーストの塗布、金属薄板15を配置しセンサ5を形成した。

【0045】次に、下側積層圧電体と同様の方法により、圧電磁器板11を50層積層した上側積層圧電体を形成し、これをセンサ5の上に載置した。

【0046】尚、金属薄板15の接続部18は一層おきに同じ位置にくるように、他方は180度反対側に来るように配置した。また、それぞれの取出電極43の突起部47は、図1に示したように、積層圧電体1の正極側と負極側の内部電極の間、即ち負極側外部電極3とそれぞれの突起部47とのなす角度 θ が85度と90度をなすように配置した。

【0047】そして、この積層体を、位置ずれが生じないように軽く圧力を加えた後、積層体の上部に約4kgの重りを乗せて、600℃、1時間で加圧接合した。

【0048】次に、図3に示したように、圧電磁器板11の径方向に突出した接続用突起部16に形成された接続部材17を軸方向に折曲げ、一層おいた隣の接続部材17とハンダにより接続し、正電極用金属薄板19の接続用突起部16同士を接続部材17により電氣的に接続するとともに、負電極用金属薄板21の接続用突起部16同士を接続部材17により電氣的に接続した。

【0049】接続部材17の長さは1.5mmであり、他の接続部材17との当接部分の長さは1.0mmであり、接続部材17と積層圧電体の外周部との距離cは、0.5mmとした。

【0050】これを80℃のシリコンオイル中で1.5kV/mmの直流電圧を30分間印加して分極処理を行った。

【0051】得られた圧電アクチュエータの接続部材17と圧電磁器板11の外周部との間の空隙31を、刷毛により隙間がないようにエポキシ樹脂で充填し、120℃において1時間加熱して硬化させた。また、取出電極43の突起部47にリード線をハンダ付けし、このリード線を静電容量の変化を測定する装置に接続した。

【0052】得られた積層型圧電アクチュエータに500Vの直流電圧を印加した結果、40 μ mの変位量が得られた。更にこのアクチュエータに0Vから+500Vの交流電界を10Hzの周波数にて印加した結果、印加回数 3×10^6 回まで40 μ mの変位量を維持した。

【0053】また、印加回数 3×10^6 回までの間に、センサにより静電容量を測定したところ6nFから6.2nFに容量が変化し、予め測定しておいたセンサのセラミック板の容量の温度変化率から、積層型圧電アクチュエータの内部温度が $\Delta T = 30^\circ\text{C}$ 上昇したことが判った。

【0054】さらに、本発明の積層型圧電アクチュエータ100個を、湿度95%の大気中で、0Vから+500Vの交流電界を10Hzの周波数にて 1×10^6 回印加した場合でも、全く放電が生じず、破損もしなかった。

【0055】尚、変位量の測定は、試料を防振台上に固定し、試料上面にアルミニウム箔を張り付けて、レーザー変位計により、素子の中心部及び周囲部3箇所測定した値の平均値で評価した。

【0056】

【発明の効果】以上詳述した通り、本発明によれば、圧電磁器板間に、セラミック板を取出電極により挟持した、例えば、温度センサや圧力センサを設けたので、高電圧かつ高速で電圧印加を繰り返し、圧電素子自身が発熱したとしても、積層型圧電アクチュエータの内部温度、内部圧力を正確に測定することができ、その状態に対応する印加電圧等の制御因子にフィードバックでき、変位量を厳密に制御することができる。

【0057】また、センサを積層型圧電アクチュエータの圧電磁器板の積層方向における中央部に設けることにより、積層型圧電アクチュエータの駆動時においてセンサに作用する応力を抑制することができ、正確な温度や圧力等を検知できる。

【0058】さらに、センサのセラミック板を圧電磁器板と同一の組成物により形成することにより、製造が容易になる。

【0059】さらにまた、センサの取出電極は、内部電極の接続部分と異なる位置で、セラミック板から突出しているため、内部電極と短絡することがない。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の円柱状の積層型圧電アクチュエータを示す斜視図である。

【図2】図1のセンサ部を拡大して示す側面図である。

【図3】本発明の積層型圧電アクチュエータのアクチュエータ部分を示す縦断面図である。

【図4】図3の金属薄板を示す平面図である。

【符号の説明】

1・・・積層圧電体

2, 3・・・外部電極

4・・・リード線

5・・・センサ

11・・・圧電磁器板

13・・・導電性接着層

15・・・金属薄板（内部電極）

18・・・接続部

19・・・正電極用金属薄板

21・・・負電極用金属薄板

31・・・空隙

33・・・耐水性樹脂

41・・・セラミック板

43・・・取出電極

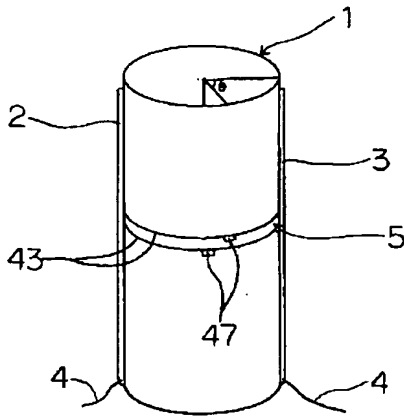
45・・・ダミー層

47・・・突起部

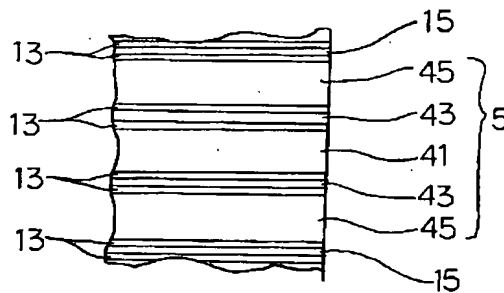
t・・・圧電磁器板の厚み

c・・・接続部材と積層圧電体の外周部との距離

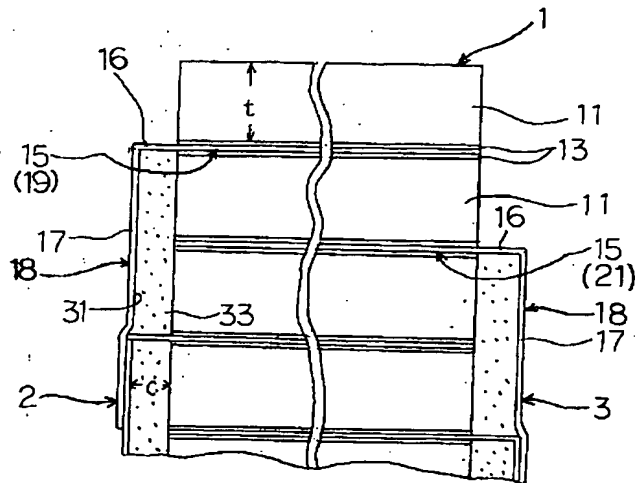
【図1】



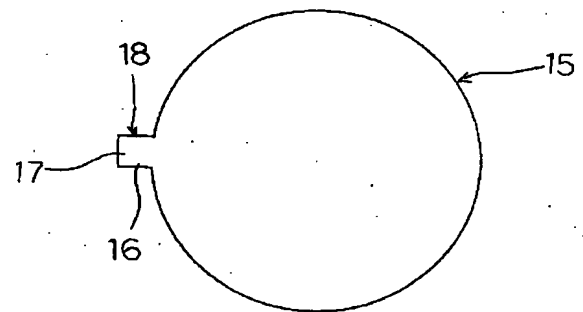
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 鬼塚 克彦
鹿児島県国分市山下町1番4号 京セラ株
式会社総合研究所内

(72)発明者 瀬戸口 剛
鹿児島県国分市山下町1番4号 京セラ株
式会社総合研究所内